

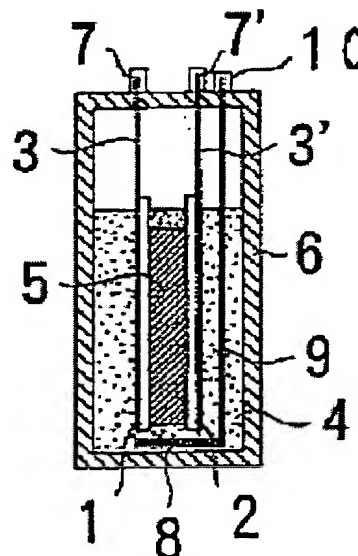
**ORGANIC ELECTROLYTIC BATTERY**

**Patent number:** JP8162163  
**Publication date:** 1996-06-21  
**Inventor:** ANDO NOBUO; KINOSHITA HAJIME; YAMAGUCHI MASAKI; HADOU YUKINORI; YADA SHIZUKUNI  
**Applicant:** KANEBO LTD  
**Classification:**  
- international: H01M10/40; H01M4/60  
- european:  
**Application number:** JP19940330722 19941206  
**Priority number(s):** JP19940330722 19941206

Report a data error here

**Abstract of JP8162163**

**PURPOSE:** To manufacture an organic electrolytic battery with high capacity, high voltage and low internal resistance by using an insoluble and infusible base as a negative electrode and a metal oxide as a positive electrode, properly controlling the Li quantity in the battery and the Li quantity derived from the negative electrode, and properly selecting the carrying method of the Li derived from the negative electrode. **CONSTITUTION:** This organic electrolytic battery has a positive electrode 1 containing a Li-contained metal oxide ( $\text{Li}_x\text{CoO}$ , etc.), a negative electrode 2 which is an insoluble and infusible base (PAS) with polyacene frame structure consisting of the thermally treated material of an aromatic condensed polymer (methylene-bisphenols) and having a H/C atomic ratio of 0.5-0.05, and an electrolyte consisting of an aprotic organic solvent solution of Li salt, and has a third electrode 8 containing Li metal. To the negative electrode PAS, the total Li quantity contained in the battery and the Li derived from the negative electrode are set to 500mAh/g or more and 100mAh/g or more, respectively, and the Li derived from the negative electrode is carried by the negative electrode PAS from the third electrode 8 containing Li arranged in the sectional direction of a negative electrode.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-162163

(43)公開日 平成8年(1996)6月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 M 10/40  
4/60

識別記号

Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 3 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-330722

(22)出願日 平成6年(1994)12月6日

(71)出願人 000000952

鋳紡株式会社

東京都墨田区墨田五丁目17番4号

(72)発明者 安東 信雄

大阪市都島区都島南通2丁目12番2-607号

(72)発明者 木下 肇

大阪市都島区友淵町1丁目6番4-402号

(72)発明者 山口 正起

大阪市八尾市波川町4丁目6番2号

(72)発明者 羽藤 之規

大阪市都島区友淵町1丁目6番2-305号

(72)発明者 矢田 静邦

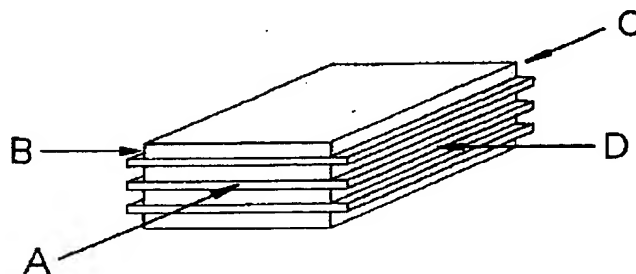
兵庫県加古郡播磨町宮西2丁目6番13号

(54)【発明の名称】 有機電解質電池

(57)【要約】

【構成】正極、負極並びに電解液としてリチウム塩の非プロトン性有機溶媒溶液を備えた有機電解質電池であって、(1)正極が金属酸化物を含み(2)負極が芳香族系縮合ポリマーの熱処理物であって水素原子/炭素原子の原子比が0.5~0.05であるポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体(PAS)であり、(3)少なくとも電池組立時リチウム金属を含む、第3番目の極を有し、(4)負極PASに対し、電池内に含まれる総リチウム量が500mAh/g以上であり、かつ負極由来のリチウムが100mAh/g以上であることを特徴とする。更には、負極由来のリチウムが、負極板断面方向に配置されたリチウムを含む第3番目の極より負極PASに担持させることを特徴とする。

【効果】製造が容易であり、低内部抵抗であり、高容量かつ高電圧を有する二次電池である。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 正極、負極並びに電解液としてリチウム塩の非プロトン性有機溶媒溶液を備えた有機電解質電池であって、(1)正極が金属酸化物を含み(2)負極が芳香族系縮合ポリマーの熱処理物であって水素原子/炭素原子の原子比が0.5~0.05であるポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体(PAS)であり、

(3)少なくとも電池組立時リチウム金属を含む、第3番目の極を有し、(4)負極PASに対し、電池内に含まれる総リチウム量が500mAh/g以上であり、かつ負極由来のリチウムが100mAh/g以上である事を特徴とする有機電解質電池。

【請求項2】 第3番目の極が負極断面方向に配置された事を特徴とする請求項1記載の有機電解質電池。

【請求項3】 正極、負極が3次元連通気孔を有するセパレータを介して対向させた事を特徴とする請求項1記載の有機電解質電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、負極にポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体、正極に金属酸化物を用いた、高容量かつ高電圧を有する有機電解質電池に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、導電性高分子、遷移金属酸化物等を正極とし、負極にリチウム金属あるいはリチウム合金を用いた二次電池がエネルギー密度が高いことから、Ni-Cd電池、鉛電池に代る電池として提案されている。しかし、これら二次電池は繰り返し充放電を行うと正極、あるいは負極の劣化による容量低下が大きく実用に問題が残されている。特に負極の劣化はデントライトと呼ばれるこけ状のリチウム結晶の生成を伴い、充放電の繰り返しにより終局的にはデントライトがセパレーターを貫通し、電池内部でショートを引き起こし、場合によっては電池が破裂する等、安全面においても問題があった。

【0003】近時、上記問題点を解決すべく、グラファイト等の炭素材料を負極に用い、正極に $\text{LiCoO}_2$ 等のリチウム含有金属酸化物を用いた電池が提案されている。該電池は、電池組立後、充電する事により正極のリチウム含有金属酸化物より負極にリチウムを供給し、更に放電では負極リチウムを正極に戻すという、いわゆるロッキングチェア型電池である。該電池は高電圧、高容量を特長とするものの、その容量は最大80~90mAh/cc(電極、セパレーター、集電材の総体積基準)程度であり、リチウム電池の特徴である高エネルギー密度を得るに至っていない。一方、芳香族系縮合ポリマーの熱処理物であって水素原子/炭素原子の原子比が0.5~0.05であるポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体は、一般の炭素材料に比べ大量にリチウムを

2

ドーピングする事が可能であるが、該不溶不融性基体を負極、正極にリチウム含有酸化物を用いた上記ロッキングチェア型の電池を組み立てた場合、炭素材料に比べ高容量が得られるものの、その容量には不満足な点が残されていた。上記問題点を解決する為に、本願と同一の出願人に係る、特願平5-259403号は未だ未公開ながら、正極、負極並びに電解液としてリチウム塩の非プロトン性有機溶媒溶液を備えた有機電解質電池であって、

(1)正極が金属酸化物を含み(2)負極が芳香族系縮合ポリマーの熱処理物であって水素原子/炭素原子の原子比が0.5~0.05であるポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体(以下PAS)であり、(3)負極PASに対し、電池内に含まれる総リチウム量が500mAh/g以上であり、かつ負極由来のリチウムが100mAh/g以上である事を特徴とする有機電解質電池が提案されている。該電池は高容量であるものの、円筒型等の実用電池を組む場合、実用的かつ簡便な負極由来のリチウムの担持法が求められている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らは上記問題点に鑑み、鋭意研究を続けた結果本発明を完成したものであって、本発明の目的は高容量かつ高電圧を有する二次電池を提供するにある。本発明の他の目的は長期に亘って充放電が可能で、安全性に優れた二次電池を提供するにある。本発明の更に他の目的は内部抵抗が低い二次電池を提供するにある。本発明の更に他の目的は製造が容易な二次電池を提供するにある。本発明の更に他の目的は以下の説明から明らかにされよう。

## 【0005】

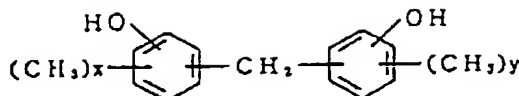
【課題を解決するための手段】本発明者らは、正極に金属酸化物、負極にポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体を用い、かつ、電池内のリチウム量を適切に制御すると共に、負極由来の担持法(ドーピング法)を選択することにより本発明を完成した。すなわち、本発明は、正極、負極並びに電解液としてリチウム塩の非プロトン性有機溶媒溶液を備えた有機電解質電池であって、

(1)正極が金属酸化物を含み(2)負極が芳香族系縮合ポリマーの熱処理物であって水素原子/炭素原子の原子比が0.5~0.05であるポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体(PAS)であり、(3)少なくとも電池組立時リチウム金属を含む、第3番目の極を有し、(4)負極PASに対し、電池内に含まれる総リチウム量が500mAh/g以上であり、かつ負極由来のリチウムが100mAh/g以上である事を特徴とする有機電解質電池である。

【0006】本発明における芳香族系縮合ポリマーとは、芳香族炭化水素化合物とアルデヒド類との縮合物である。芳香族炭化水素化合物としては、例えば、フェノール、クレゾール、キシレノール等の如き、いわゆるフェノール類が好適である。例えば、下記式

(3)

【化1】



(ここで、 $x$ および $y$ はそれぞれ独立に、0、1又は2である)で表されるメチレン・ビスフェノール類であることができ、或いはヒドロキシ・ビフェニル類、ヒドロキシナフタレン類であることもできる。これらの内、実用的にはフェノール類、特にフェノールが好適である。本発明における芳香族系縮合ポリマーとして、上記のフェノール性水酸基を有する芳香族炭化水素化合物の1部をフェノール性水酸基を有さない芳香族炭化水素化合物、例えば、キシレン、トルエン、アニリン等で置換した変成芳香族系縮合ポリマー例えばフェノールとキシレンとホルムアルデヒドとの縮合物を用いることもでき、また、メラミン、尿素で置換した変成芳香族系ポリマーを用いることもできる。また、フラン樹脂も好適である。また、アルデヒドとしては、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、フルフラール等のアルデヒドを使用することができるが、ホルムアルデヒドが好適である。フェノールホルムアルデヒド縮合物としては、ノボラック型又はレゾール型或はそれらの混合物のいずれであつてもよい。

【0007】本発明における不溶不融性基体は、上記芳香族系ポリマーを熱処理する事により得られ、特公平1-44212号公報、特公平3-24024号公報等に記載されているポリアセン系骨格構造を有する不溶不融性基体は全て用いることができ、例えば、次のようにして製造することもできる。該芳香族系縮合ポリマーを、非酸化性雰囲気下(真空も含む)中で、400°C~800°Cの適当な温度まで徐々に加熱する事により、水素原子/炭素原子の原子比(以下H/Cと記す)が0.50~0.05、好ましくは0.35~0.10の不溶不融性基体を得ることができる。また、特公平3-24024号公報等に記載されている方法で、600m<sup>2</sup>/g以上のBET法による比表面積を有する不溶不融性基体を得ることもできる。例えば、芳香族系縮合ポリマーの初期縮合物と無機塩、例えば塩化亜鉛を含む溶液を調製し、該溶液を加熱して型内で硬化する。かくして得られた硬化体を、非酸化性雰囲気化(真空も含む)中で、350°C~800°Cの温度まで、好ましくは400°C~750°Cの適当な温度まで徐々に加熱した後、水あるいは希塩酸等によって十分に洗浄することにより、上記H/Cを有し、かつ、例えば600m<sup>2</sup>/g以上のBET法による比表面積を有する不溶不融性基体を得ることもできる。

【0008】本発明に用いる不溶不融性基体は、X線回

4

折(CuK $\alpha$ )によれば、メイン・ピークの位置は2 $\theta$ で表して24°以下に存在し、また該メイン・ピークの他に41~46°の間にブロードな他のピークが存在する。すなわち、上記不溶不融性基体は芳香族系多環構造が適度に発達したポリアセン系骨格構造を有し、かつアモルファス構造をとると示唆され、リチウムを安定にドーピングできることから電池用活物質として有用である。H/Cが0.50を越える場合、芳香族系多環構造が充分に発達していないため、リチウムのドーピング、脱ドーピングがスムーズに行うことができず、電池を組んだ時、充放電効率が低下する。また、H/Cが0.05以下の場合、本発明の電池の容量が低下し好ましくない。

【0009】本発明の負極は上記不溶不融性基体(以下PAS)より成り、粉末状、粒状、短繊維状等の成形しやすい形状にあるPASをバインダーで成形したものである。バインダーとしては、ポリ四フッ化エチレン、ポリフッ化ビニリデン等の含フッ素系樹脂、ポリプロピレン、ポリエチレン等の熱可塑性樹脂を用いる事ができるが、好ましくフッ素系バインダーが好ましく、更にはフッ素原子/炭素原子の原子比(以下、F/Cと記す)が1.5未満0.75以上であるフッ素系バインダーが好ましく、特に、1.3未満0.75以上のフッ素系バインダーが好ましい。上記フッ素系バインダーとしては、例えば、ポリフッ化ビニリデン、フッ化ビニリデン-3フッ化エチレン共重合体、エチレン-4フッ化エチレン共重合体、プロピレン-4フッ化エチレン共重合体等が挙げられ、更に主鎖の水素をアルキル基で置換した含フッ素系ポリマーも用いることができる。ポリフッ化ビニリデンの場合、F/Cは1であり、フッ化ビニリデン-3フッ化エチレン共重合体の場合、フッ化ビニリデンのモル分率が50%の時、80%の時それぞれF/Cは1.25、1.1となり、更にプロピレン-4フッ化エチレン共重合体の場合、プロピレンのモル分率が50%の時、F/Cは0.75となる。中でも、ポリフッ化ビニリデン、フッ化ビニリデンのモル分率が50%以上のフッ化ビニリデン-3フッ化エチレン共重合体が好ましく、実用的にはポリフッ化ビニリデンが好ましい。これらバインダーを用いた場合、PASの有するリチウムのドーブ能(容量)を充分に利用することができる。

【0010】本発明の有機電解質電池の正極としては、例えば、Li<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub>、Li<sub>x</sub>NiO<sub>2</sub>、Li<sub>x</sub>MnO<sub>2</sub>、Li<sub>x</sub>FeO<sub>2</sub>等のLi<sub>x</sub>M<sub>y</sub>O<sub>z</sub>(Mは金属、二種以上の金属でも良い)の一般式で表され得る、リチウムを電気化学的にドーブ、脱ドーブが可能なリチウム含有金属酸化物、あるいはコバルト、マンガン、ニッケル等の遷移金属酸化物を用いる。特にリチウム金属に対し4V以上の電圧を有するリチウム含有酸化物が好ましい。中でも、リチウム含有コバルト酸化物、リチウム含有ニッケル酸化物が好ましい。本発明における正極は、

(4)

5

上記活物質、及び必要に応じて導電材、バインダーを加え成形したものであり、導電材、バインダーの種類、組成等は適宜設定すればよい。

【0011】導電剤の種類は、金属ニッケル等の金属粉末でもよいが、例えば、活性炭、カーボンブラック、アセチレンブラック、黒鉛等の炭素系のものが特に好ましい。混合比は活物質の電気伝導度、電極形状等により異なるが、活物質に対して2〜40%加えるのが適当である。また、バインダーの種類は、後述の本発明にて用いる電解液に不溶のものであればよく、例えば、SBR等のゴム系バインダー、ポリ四フッ化エチレン、ポリフッ化ビニリデン等の含フッ素系樹脂、ポリプロピレン、ポリエチレン等の熱可塑性樹脂が好ましく、その混合比は20%以下とするのが好ましい。

【0012】本発明に用いる正極、負極の電極形状は、目的とする電池により、板状、フィルム状、円柱状、あるいは、金属箔上に成形するなど、種々の形状をとることが出来る。特に、金属箔上に成形したものは集電体一体電極として、種々の電池に応用できることから好ましい。本発明において第3番目の極はリチウムを含んでおり、例えば、リチウム金属、リチウム合金等であるが、好ましくは、リチウム金属であり、正極、負極から絶縁されている。

【0013】本発明の電池は、上記PASを負極に用い、かつ電池内に含まれるリチウム量を適切に制御する事により従来の電池に比べ、容量を大幅に向上することができる。本発明において電池内の総リチウム量とは正極由来のリチウム、電解液由来のリチウム、負極由来のリチウムの総計である。正極由来のリチウムとは、電池組立時、正極に含まれるリチウムであり、該リチウムの一部もしくは全部は、外部回路から電流を通ずる操作

(充電等)により、負極に供給される。また、電解液由来のリチウムとは、セパレータ、正極、負極等に含まれる電解液中のリチウムである。また、負極由来のリチウムとは、本発明の負極PASに担持されているリチウムである(正極由来のリチウム、電解液由来のリチウム以外のリチウムである)。本発明において、負極由来のリチウムは、電池組立後、リチウムを負極PASに担持させる。具体的には、電池組立後、リチウムを含む第3番目の極と負極間を短絡させる、電圧を印加する、定電流を通ずること等により、負極PASに担持させる。電池ケース内のリチウムを含む第3番目の極の位置は、特に限定されないが、PASを負極に用いる本発明の場合、負極板断面方向に配置すると均質な担持が行われ易く、好ましい。例えば円筒型電池を正極、セパレータ、負極を巻き取って作成する場合、第3番目の極は巻き取り電極ユニット上部、あるいは、下部であり、また図1のように正極、セパレータ、負極を積層し、電池を組み立てる場合、負極板断面方向は、負極面を下面あるいは上面とした時、側面A、B、C、Dの4方向である。本発明

6

において、電池組立が完了し、かつ、第3番目の極よりリチウムを担持させる事が終了したとき、電池完成とする。本発明において第3番目の極は、電池組立時リチウムを含んでいることが重要であり、例えば、電池組立後、リチウムを負極PASに担持させた後、完全にリチウムが無くなってしまっても、問題はない。また、第3番目の極は、実際電池を充放電しても、正極、あるいは負極から絶縁されているために、例え、リチウムが残っていても、その電池特性になんら影響を与えない。本発明においては、次の様な方法も、電池組立後、簡便に行える。例えば、負極由来のリチウムが、電池組立後に正極リチウム含有金属酸化物よりPASに担持させ、かつ正極にはPASにリチウムを供給した後、第3番目の極のリチウムより、電気化学的に担持させる事をもできる。この場合、正極由来のリチウムとは、(電池組立時正極に含まれるリチウム) + (リチウム源より正極に供給されたリチウム) - (負極に供給されたリチウム) である。また、電解液由来のリチウムとは、セパレータ、正極、負極等に含まれる電解液中のリチウムである。また、負極由来のリチウムとは、本発明の負極PASに、電池完成前に、正極からの供給により担持されているリチウムである(正極由来のリチウム、電解液由来のリチウム以外のリチウムである)。この場合、正極リチウム含有酸化物にリチウムを第3番目の極よりリチウムを担持させる事が終了したとき、電池完成とする。さらに、この場合、正極の酸化物はリチウム含有酸化物でなければならない。

【0014】本発明において電池内の総リチウム量は、負極PASに対し500mAh/g以上、好ましくは600mAh/g以上であり、500mAh/g未満の場合、容量が充分に得られない。また、本発明における負極由来のリチウムは負極PASに対し100mAh/g以上、好ましくは150mAh/g以上であり、100mAh/g未満の場合、たとえ総リチウム量が負極PASに対し500mAh/g以上であったとしても十分な容量が得られない。また、正極にリチウム含有酸化物を用いる場合においては、負極由来のリチウムは負極PASに対し600mAh/g以下にすることが、実用的である。本発明における正極由来のリチウム、電解液由来のリチウムは上記条件を満たしていればよいが、正極由来のリチウムが負極PASに対し300mAh/g以上であることが好ましい。

【0015】本発明に用いる電解液を構成する溶媒としては非プロトン性有機溶媒が用いられる。非プロトン性有機溶媒としては、例えば、エチレンカーボネイト、プロピレンカーボネイト、ジメチルカーボネイト、ジエチルカーボネイト、γ-ブチロラクトン、アセトニトリル、ジメトキシエタン、テトラヒドロフラン、ジオキソラン、塩化メチレン、スルホラン等が挙げられ、更に、これら非プロトン性有機溶媒の二種以上の混合液も用い

(5)

7

ることができる。

【0016】また、上記の混合又は単一の溶媒に溶解させる電解質は、リチウムイオンを生成しうる電解質のいずれでも良い。このような電解質としては、例えば  $\text{LiI}$ 、 $\text{LiClO}_4$ 、 $\text{LiAsF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 、 $\text{LiPF}_6$ 、又は  $\text{LiHF}_2$  等が挙げられる。上記の電解質及び溶媒は十分に脱水された状態で混合され、電解液とするのであるが、電解液中の電解質の濃度は電解液による内部抵抗を小さくするため少なくとも  $0.1$  モル/l 以上とするのが好ましく、通常  $0.2 \sim 1.5$  モル/l とするのが更に好ましい。

【0017】電池外部に電流を取り出すための集電体、あるいはリード端子としては、例えば、炭素、白金、ニッケル、ステンレス、アルミニウム、銅等を用いることが出来、箔状、ネット状の集電体を用いる場合、電極を集電体上に成形することにより集電体一体型電極として用いることもできる。

【0018】次に図面により本発明の実施態様の一例を説明する。図2は本発明に係る電池の基本構成説明図である。図1において、(1)は正極であり、(2)は負極である。(3)、(3')は集電体であり、各電極及び外部端子(7)、(7')に電圧降下を生じないように接続されている。(8)は第3番目の極でありリチウムを含み、負極断面方向に配置されている。また(9)は第3番目の極の集電体であり、正極(1)、負極(2)の絶縁され、外部端子(10)に接続されている。(4)は電解液であり、ドーピングされうるイオンを生成し得る前述の化合物が非プロトン性有機溶媒に溶解されている。電解液は通常液状であるが漏液を防止するためゲル状又は固体状にして用いることもできる。

(5)は正負両極の接触を阻止する事及び電解液を保持する事を目的として配置されたセパレーターである。

【0019】該セパレーターは、電解液或は電極活物質等に対し、耐久性のある連通気孔を有する電子伝導性のない多孔体であり、通常ガラス繊維、ポリエチレン或はポリプロピレン等からなる布、不織布或は多孔体を用いられる。好ましくは、3次元的な孔を有するセパレータであり、リチウム担持時間が短くなる効果が得られる。セパレータの厚さは電池の内部抵抗を小さくするため薄い方が好ましいが、電解液の保持量、流通性、強度等を勘案して決定される。正負極及びセパレータは電池ケース(6)内に実用上問題が生じないように固定される。電極の形状、大きさ等は目的とする電池の形状、性能により適宜決められる。本発明の電池形状は上記基本構成を満足する、コイン型、円筒型、角形、箱型等が挙げられ、その形状は特に限定されない。

【0020】

【発明の効果】本発明の有機電解質電池は、負極にPAS、正極に金属酸化物を用い、かつ電池内のリチウム量、負極PAS由来のリチウム量の両者を適切に制御

8

し、かつ、負極PAS由来のリチウムの担持方法を適切に選択することにより、高容量、高電圧かつ低内部抵抗の電池である。以下、実施例を挙げて本発明を具体的に説明する。

【0021】

【実施例】

実施例1

厚さ  $0.5$  mmのフェノール樹脂成形板をシリコニット電気炉中に入れ窒素雰囲気下で  $10^\circ\text{C}$ /時間の速度で昇温し、 $650^\circ\text{C}$ まで熱処理し、不溶不融性基体(PASと記す)を合成した。かくして得られたPAS板をディスクミルで粉碎することにより平均粒径約  $15\ \mu\text{m}$ のPAS粉末を得た。H/C比は  $0.22$ であった。次に上記PAS粉末  $100$ 重量部と、ポリフッ化ビニリデン粉末  $10$ 重量部をN、N-ジメチルホルムアミド  $90$ 重量部に溶解した溶液  $100$ 重量部とを十分に混合する事によりスラリーを得た。該スラリーをアプリケーションを用い厚さ  $10\ \mu\text{m}$ の銅箔(負極集電体)上の片面に塗布し、乾燥、プレスし、厚さ  $100\ \mu\text{m}$ のPAS負極を得た。 $\text{LiCoO}_2$   $100$ 部、グラファイト  $5$ 部対し、ポリフッ化ビニリデン粉末  $10$ 重量部、N、N-ジメチルホルムアミド  $90$ 重量部に溶解した溶液  $50$ 重量部を十分に混合する事によりスラリーを得た。該スラリーをアプリケーションを用い厚さ  $20\ \mu\text{m}$ のアルミ箔(正極集電体)上の片面に塗布し、乾燥、プレスし、厚さ  $115\ \mu\text{m}$ の正極1を得た。

【0022】上記負極と正極1をセパレータを介して対向させ、また該電極の断面方向に集電体としてのステンレスメッシュ上に圧着したリチウム金属を配置し、図3のような電池を組んだ。正極及び負極のサイズはいずれも  $5 \times 3\ \text{cm}^2$ とした。リチウム金属のサイズは  $1 \times 3\ \text{cm}^2$ であり、負極PASに対し  $330\ \text{mAh/g}$ 相当量とした。セパレータとしては、厚さ  $25\ \mu\text{m}$ のポリプロピレン製を用いた。また電解液としてはプロピレンカーボネートとジエチルカーボネートの  $1:1$ (重量比)混合液に、 $1$ モル/lの濃度に  $\text{LiPF}_6$ を溶解した溶液を用いた。上記電池の負極とリチウム極との間に定電流を通じ、負極PASに  $330\ \text{mAh/g}$ のリチウムをドーピングした。電池内の負極PASに対する総リチウム量は、 $1130\ \text{mAh/g}$ であった。電池完成に要した時間は、 $20$ 日であった。上記電池の正極と負極の間に  $0.25\ \text{mA/cm}^2$ の定電流で電池電圧が  $4.3\ \text{V}$ になるまで充電し、続いて  $0.25\ \text{mA/cm}^2$ の定電流で電池電圧が  $2.5\ \text{V}$ になるまで放電した。この  $4.3\ \text{V} - 2.5\ \text{V}$ のサイクルを繰り返し、3回目の放電において、体積容量( $\text{mAh/cc}$ )にて評価した。体積基準としては、電極体積、セパレータ体積、集電体体積の総計を用いた。結果を表1に示す。

【0023】実施例2

実施例1と同様に電池を組み、上記電池の正極と負極P

(6)

9

ASの間に $0.25\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流にて、負極PASに対して $330\text{mAh}/\text{g}$ に相当する電気量を通じ、負極PASに $330\text{mAh}/\text{g}$ のリチウムを正極よりドーピングした。続いて、電極ユニットの断面方向に配置したリチウム金属と正極の間に定電流を通じ、負極PASに対して $315\text{mAh}/\text{g}$ に相当するリチウムを正極に担持させた。また実施例1と同様に体積容量を評価した。電池内の負極PASに対する総リチウム量は、 $1130\text{mAh}/\text{g}$ であった。電池完成に要した時間は、10日であった。結果を表1に示す。

#### 実施例3

実施例1において、電極ユニットの断面方向に配置したリチウム金属を負極PASに対して $500\text{mAh}/\text{g}$ に相当する量にする以外は実施例1と同様にして電池を組んだ。上記電池の負極とリチウム極との間に定電流を通じ、負極PASに $330\text{mAh}/\text{g}$ のリチウムをドーピングした。また実施例1と同様に体積容量を評価した。電池内の負極PASに対する総リチウム量は、 $1130\text{mAh}/\text{g}$ であった。電池完成に要した時間は、20日であった。結果を表1に示す。

#### 比較例1

実施例1と同様の方法で厚さ $330\mu\text{m}$ の正極2を得た。正極、負極のサイズはいずれも $5\times 3\text{cm}^2$ とした。負極由来のリチウムを $0\text{mAh}/\text{g}$ として、実施例1と同様の方法で電池を組み、体積容量を評価した。電池内の負極PASに対する総リチウム量は、 $1250\text{mAh}/\text{g}$ であった。結果を表1に示す。

#### 比較例2

10

\* 実施例1において、負極PASの断面方向にリチウム金属( $330\text{mAh}/\text{g}$ 相当)を配置させ、電池内部で負極PASと接触させ短絡させた状態にて実施例1と同様に電池を2本組んだ。40日室温にて放置後電池を1本分解したところ、完全にリチウム金属は無くなっていた。また実施例1と同様に体積容量を評価した。電池内の負極PASに対する総リチウム量は、 $1130\text{mAh}/\text{g}$ であった。電池完成に要した時間は40日であった。結果を表1に示す。

#### 10 【0024】比較例3

実施例1において、リチウム極を除くこと以外は実施例1と同様に電池を2本組み、それぞれ正極と負極PASの間に $0.25\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流にて、負極PASに対して $330\text{mAh}/\text{g}$ に相当する電気量を通じ、負極PASに $330\text{mAh}/\text{g}$ のリチウムを正極よりドーピングした。続いて、該電池を分解し、正極の断面方向にリチウム金属( $315\text{mAh}/\text{g}$ 相当)を配置させ、電池内部で正極と接触させ短絡させた状態にて再度2本電池を組んだ。15日室温にて放置後電池を1本分解したところ、完全にリチウム金属は無くなっていた。また実施例1と同様に体積容量を評価した。電池内の負極PASに対する総リチウム量は、 $1130\text{mAh}/\text{g}$ であった。電池完成に要した時間は16日であった。結果を表1に示す。電池を組み立て一度充電した後に分解し、再度電池を組み立てる工程は、煩雑であり、時間がかかるため工業的には好ましくない。

#### 【0025】

\* 【表1】

	電池内総リチウム量 (mAh/g)	負極由来リチウム量 (mAh/g)	体積容量 (mAh/cc)	電池完成時間 (日)
実施例1	1130	330	153	20
実施例2	1130	330	155	10
実施例3	1130	330	153	20
比較例1	1250	0	110	0
比較例2	1130	330	152	40
比較例3	1130	330	150	16

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電極断面方向の説明図。

【図2】本発明に係る電池の基本構成説明図。

#### 【符号の説明】

1 正極

2 負極

3、3' 集電体

4 電解液

40 5 セパレータ

6 電池ケース

7、7' 外部端子

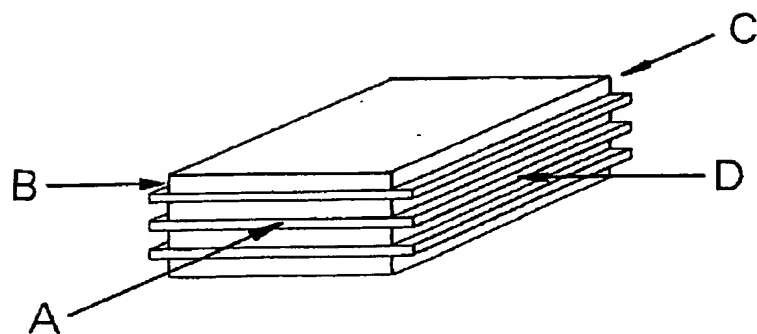
8 第3番目の極

9 集電体(第3番目の極)

10 外部端子(第3番目の極)

(7)

【図1】



【図2】

